

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU MIESZKALNO - USŁUGOWEGO

ul. Długa 32

95 – 100 Zgierz



Zamawiający: Gmina Miasto Zgierz

pl. Jana Pawła II 16

95 – 100 Zgierz

Termin zakończenia pracy: maj 2017 roku

1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku					
1.1 Rodzaj budynku		Budynek mieszkalno - usługowy		1.2 Rok budowy	
				1920	
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)		Gmina Miasto Zgierz		1.4 Adres budynku	
pl. Jana Pawła II nr 16				ul. Długa nr bud. 32	
kod 95-100 miejscowość Zgierz				kod 95-100 miejscowość Zgierz	
tel. - fax -				powiat zgierski	
				województwo łódzkie	
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt:					
..... "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....					
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis:					
mgr inż. Barbara Kosowska <i>Barbara Kosowska</i>					
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje					
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego		Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia)	
1.	mgr inż. Barbara Kosowska	Opracowanie kompleksowe: - zapotrzebowanie na ciepło - warianty termomodernizacji - analiza ekonomiczna		Kurs audytorów energetycznych FPE	
5. Miejscowość Kobyłka data wykonania opracowania: Maj 2017					
6. Spis treści					
1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku.....					1
2. Karta audytu energetycznego budynku					2
3. Podstawa opracowania.....					4
3.1 Cel i zakres opracowania.....					4
3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.....					4
3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zlecającego).....					5
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku					6
5. Ocena stanu technicznego budynku					7
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.....					7
5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.....					8
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u.....					8
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.....					8
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego.....					8
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.....					9
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło.....					9
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.....					9
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji.....					15
7.3 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej.....					19
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.....					21
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.....					22
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.....					23
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					26
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.....					29
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych.....					31
ZAŁĄCZNIKI.....					32
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.....					32
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.....					33
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.....					35
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.....					37
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.....					37
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.....					37
Z-7 Projektowana strata ciepła.....					38
Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....					39
Z-9 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....					40
Z-10 Sprawności systemu grzewczego.....					41
Z-11 Ciepła woda użytkowa.....					42
Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej.....					43
Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego.....					44
Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące.....					44

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Tradycyjna	Tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	4	4
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	3 950	3 950
4.	Powierzchnia netto budynku *) [m ²]	700,46	700,46
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	502,22	502,22
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	198,24	198,24
7.	Liczba lokali mieszkalnych	13	13
8.	Liczba osób użytkujących budynek	21	21
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	miejskowa	centralna
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	piece kaflowe	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,398	0,398
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	0,803	0,211
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	1,448	0,174
3	Strop nad piwnicą	1,554	1,554
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,494	0,494
5	Okna, drzwi balkonowe	2,600	1,100
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	2,000	1,500
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,80	0,91
2.	Sprawność przesyłu [-]	1,00	0,90
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,70	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	1,00

*) wg Planu Gospodarki Niskoemisyjnej

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,96	0,97	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,80	0,80	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	1,00	1,00	
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00	
5. Charakterystyka systemu wentylacji					
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna	naturalna	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /h]	2 719	2 719	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	1,14	1,14	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	82,51	55,31	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	16,93	16,76	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	650,55	438,64	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 161,70	608,63	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	80,80	79,76	
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-	
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-	
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	257,99	173,95	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	460,69	241,36	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	38,56	59,21	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	10 995,78	
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej	[zł/m ³]	42,71	15,91	
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-	
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m ² powierzchni użytkowej	[zł/(m ² m-c)]	5,33	5,16	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	636 067,26	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	44,60
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	636 067,26	Premia termomodernizacyjna	[zł]	20 603,32
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	10 301,66			

¹⁾ W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną.

²⁾ Podane koszty są kosztami szacunkowymi

3. Podstawa opracowania.

3.1 Cel i zakres opracowania.

Celem opracowania jest wybór optymalnego wariantu termomodernizacji budynku mieszkalno-usługowego przy ul. Długiej 32 w Zgierzu i sprawdzenie, czy spełnione są wymagania ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, konieczne do przyznania premii termomodernizacyjnej.

3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.

1. Ustawa z dnia 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów - (Dz. U. Nr 223, poz. 1459),
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17.03.2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. Nr 43, poz. 346).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3.09.2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. 2015, poz. 1606).
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2015, poz. 376).
6. Polska Norma PN-EN-ISO 6946; 2008 „Elementy budowlane i części budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metody obliczeń”.
7. Polska Norma PN-EN-ISO 13 790; 2009; „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
8. Polska Norma PN-EN-ISO 12831; 2006, „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.

9. Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków
10. Polska Norma PN-EN-ISO 14683; „Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.
11. Normy związane
12. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej Nr 334/2002 „Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków”, Warszawa 2002.
13. Pogorzelski J.A. „Fizyka budowli – część X – Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych” „Materiały budowlane” nr 3/2005
14. Inwentaryzacja techniczna budynku.
15. Wizje lokalne i wywiady z właścicielami i administratorem budynku.
16. Program komputerowy AUDYT wersja 6.1.
17. Oferty dostawców materiałów i urządzeń.

3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) .

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.
2. Maksymalne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie termomodernizacyjnej.
3. Budynek znajduje się w zabytkowym zespole urbanistyczno - architektonicznym ulicy Długiej w Zgierzu i wszelkie prace budowlane i instalacyjne można wykonać po uzyskaniu zgody konserwatora zabytków.

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek mieszkalny	Rok budowy	1920
Adres budynku	ul. Długa 32 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	3	
Rodzaj dachu	Dach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	3 950	291	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	700	108	
Powierzchnia całkowita	1 447,47		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,1	2,7	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	-	21	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	7	24	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Pow. netto	U	
	[m ²]	[W/m ² K]	
Strop poddasza	325,94	1,448	
Strop nad przejściem	38,52	1,551	
Ściany zewnętrzne [SZ-1] szczytowe	336,23	0,803	
Ściana zewnętrzna [SZ-2] tylna	198,52	0,267	
Ściana zewnętrzna [SZ-3] frontowa	248,11	0,803	
Okna PCV	100,66	1,700	
Okna drewniane	31,35	2,600	
Drzwi drewniane	4,41	2,000	
Strop nad piwnicą	143,71	1,554	
Podłoga na gruncie	143,71	0,494	

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek mieszkalno - usługowy, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Długiej 32. Budynek wybudowany w 1920 roku, jest częściowo podpiwniczony wykonany w technologii tradycyjnej. Na parterze budynku znajdują się lokale usługowe, na wyższych kondygnacjach lokale mieszkalne. Ściany zewnętrzne wykonane z cegły pełnej, tylna ocieplona styropianem 10 cm. Ściany szczytowe i frontowa nieocieplone. Nad budynkiem znajduje się nieogrzewane poddasze użytkowe. Strop pod poddaszem drewniany, nieocieplony. W budynku zastosowano stropy między kondygnacyjne żelbetowe. Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi izolacyjność termiczna przegród zewnętrznych.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród nieprzezroczystych powinna wynosić

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------|
| - dla dachów, stropodachów | - 0,18 W/m ² K, |
| - dla ścian zewnętrznych | - 0,23 W/m ² K, |
| - dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą | - 0,25 W/m ² K, |
| - dla podłogi na gruncie | - 0,30 W/m ² K. |

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- | | |
|----------------------|------------------------------------|
| - strop poddasza | - 1,448 W/m ² K, |
| - ściany zewnętrzne | - 0,267; 0,803 W/m ² K, |
| - strop nad piwnicą | - 1,554 W/m ² K, |
| - podłoga na gruncie | - 0,494 W/m ² K |

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji stropu nad piwnicą oraz podłogi na gruncie. Ze względów ekonomicznych (bardzo długie SPBT) nie przewiduje się dodatkowego ocieplenia ściany tylnej. Ze względu na zabytkowy charakter obiektu i brak zgody konserwatora zabytków nie ma możliwości ocieplenia ściany frontowej.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród przezroczystych powinna wynosić:

- | | |
|---------|--------------------------|
| - okna | - 1,1 W/m ² K |
| - drzwi | - 1,5 W/m ² K |

W budynku zastosowano stolarkę okienną PCV o współczynniku przenikania ciepła $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ oraz stolarkę okienną drewnianą o współczynniku przenikania ciepła $2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ze względu na wytyczne konserwatora zabytków dotyczące ponownej wymiany okien PCV na drewnianą stolarkę okienną z zachowaniem pierwotnego podziału i form okien oraz kolorystyki, w opracowaniu przeanalizowana zostanie zarówno wymiana stolarki okiennej drewnianej jak i PCV.

W budynku zastosowano stolarkę drzwiową drewnianą o współczynniku przenikania ciepła $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, która jest w złym stanie technicznym i w dalszej części opracowania zostanie przeanalizowana jej wymiana.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku są piece kaflowe i piece węglowe, zainstalowane w lokalach mieszkalnych. Ze względu na zły stan techniczny pieców oraz dużą emisję dwutlenku węgla do atmosfery w opracowaniu przeanalizowana zostanie wymiana źródeł ciepła, na instalację wodną, pompową z rozdziałem dolnym, z zaizolowanym orurowaniem, z grzejnikami płytowymi z zaworami z głowicami termostatycznym, zasilaną z sieci miejskiej.

5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u.

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych oraz kuchni węglowych. Ze względu na zły stan techniczny źródeł ciepła, w opracowaniu zostanie przeanalizowana modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej, polegająca na montażu nowego orurowania i podłączenia do sieci miejskiej.

5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną w dobrym stanie technicznym.

6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego.

Zmniejszenie zużycia energii cieplnej w rozpatrywanym obiekcie można osiągnąć wykonując następujące przedsięwzięcia:

- ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem,
- ocieplenie ścian szczytowych,
- wymianę okien drewnianych,
- wymianę okien PCV,
- wymianę drzwi drewnianych,

- wymianę źródeł ciepła na potrzeby c.o. i c.w.u.,
- montaż instalacji c.w.u.,
- montaż instalacji c.o., nowych grzejników z zaworami z głowicami termostatycznymi,

7.Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Poniżej dokonano wstępnej optymalizacji usprawnień termomodernizacyjnych mających na celu zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło rozpatrywanego budynku poprzez zmniejszenie strat przez przenikanie, wentylację i przygotowanie ciepłej wody użytkowej.

7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaje usprawnień
1	2	3
1	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	Ocieplenie stropu pod poddaszem. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]. Wymiana okien drewnianych. Wymiana okien PCV. Wymiana drzwi.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system ciepłej wody użytkowej	Wymiana źródeł ciepła. Montaż nowej instalacji c.w.u.
3	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana źródeł ciepła. Montaż instalacji c.o. Montaż grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi.

7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.

Optymalne usprawnienia prowadzące do zmniejszenia strat ciepła przez ściany, stropy i stropodachy są to takie usprawnienia, dla których prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną. Dla wyznaczenia optymalnego usprawnienia przegrody skorzystano z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_u}{\sum_n \Delta O_{ru}}, [\text{lata}] \quad (1)$$

gdzie:

- N_u - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez przenikanie dla całkowitej powierzchni wybranej przegrody, zł,
- ΔO_{ru} - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania ulepszenia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne lata z n wykorzystywanych

źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rU} dla n -tego źródła oblicza się wg. wzoru:

$$\Delta O_{rU} = (x_0 * Q_{0u} * O_{0z} - x_1 * Q_{1u} * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_{0u} * O_{0m} - y_1 * q_{1u} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), [\text{zł/rok}] \quad (2)$$

gdzie:

x_0, x_1 - udział n -tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,

Q_{0z}, Q_{1z} - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, GJ/rok,

O_{0z}, O_{1z} - opłata związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla n -tego źródła, odpowiadająca:

dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za ciepło i zmiennej opłacie za usługi przesyłowe, zł/GJ,

dla energii elektrycznej - sumie stawek za energię czynną, systemową opłatę przesyłową i zmienny składnik stawki sieciowej przeliczonej na zł/GJ,

dla gazu - stawce opłaty zmiennej na przesłane paliwo zł/m^3 przeliczonej na zł/GJ,

dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - stawce opłaty zmiennej określonej wg kalkulacji kosztów rodzajowych przeliczonej na zł/GJ,

y_0, y_1 - udział n -tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,

q_{0u}, q_{1u} - zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,

O_{0m}, O_{1m} - opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla n -tego źródła, odpowiadająca:

dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za zamówioną moc cieplną i opłacie stałej za usługi przesyłowe, zł/(MW*miesiąc),

dla gazu - składnikowi stałemu wyznaczonemu na jednostkę mocy umownej w miesięcznym okresie rozliczeniowym przeliczonemu na zł/(MW*miesiąc),

dla energii elektrycznej - składnikowi stałemu stawki sieciowej zł/(kW*miesiąc), przeliczonemu na zł/(MW*miesiąc),

dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - składnikowi miesięcznych kosztów stałych, określonych zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych,

odniesionych do mocy źródła, zł/(MW*miesiąc),
 Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, zł.

Wartość rocznego zapotrzebowania na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie ciepła Q_{0u}, Q_{1u} , oblicza się ze wzoru:

$$Q_{0u}, Q_{1u} = 8,64 \cdot 10^{-5} \cdot Sd \cdot A \cdot U_c, \quad [\text{GJ/rok}] \quad (3)$$

gdzie:

- U_c - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, przy czym maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła po termomodernizacji jest przyjmowana zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,
- A - powierzchnia całkowita izolowanej przegrody przed i po termomodernizacji, m^2 ,
- Sd - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień \cdot K/rok,

Liczbę stopniodni Sd oblicza się ze wzoru:

$$Sd = \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e(m)] L_d(m), \quad [\text{dzień} \cdot \text{K/rok}] \quad (4)$$

gdzie:

- t_{wo} - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, $^{\circ}\text{C}$,
- $t_e(m)$ - średnia wieloletnia temperatura miesiąca m , przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi dla danej lokalizacji, a w przypadku stropów nad nicogrzewanymi piwnicami lub pod nieogrzewanymi poddaszami - temperatura wynikająca z obliczeń bilansu cieplnego budynku, $^{\circ}\text{C}$,
- $L_d(m)$ - liczba dni ogrzewania w miesiącu m , podana w tabeli 1 lub przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi i charakterystyką budynku dla danej lokalizacji,
- L_g - liczba miesięcy ogrzewania w ciągu roku.

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie q_{0u}, q_{1u} przed i po wykonaniu ulepszenia termomodernizacyjnego oblicza się ze wzoru:

$$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} \cdot A \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U_c, \quad [\text{MW}] \quad (5)$$

gdzie:

- t_{wo} - jak we wzorze (4),

- t_{zo} - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej,
określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, °C
- A - jak we wzorze (3),
- U_c - jak we wzorze (3),

UWAGA: Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego przyjęto zgodnie z Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków - dla miasta Łódź:

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_e(m)$	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7
Ld(m)	31	28	31	30	5	5	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $T_{emin} = - 20,0^{\circ}C$									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące stropu nad poddaszem

Rozpatruje się ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem wełną mineralną o optymalnej grubości. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (płyty OSB lub deskowanie)

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 325,94 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 0,691 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 326 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał: styropian} & & U_0 &= 1,448 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

Cena Nu zawiera całkowity szacowany koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 r.

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{ogrz}	SPBT
[m]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	1,981	0,505	52,55	0,007	39 120,00	3 784,58	10,337
0,06	1,500	2,231	0,448	46,66	0,006	39 380,80	4 011,70	9,816
0,07	1,750	2,481	0,403	41,96	0,005	39 641,60	4 193,05	9,454
0,08	2,000	2,731	0,366	38,12	0,005	39 902,40	4 341,19	9,192
0,09	2,250	2,981	0,335	34,92	0,004	40 163,20	4 464,48	8,996
0,10	2,500	3,231	0,310	32,22	0,004	40 424,00	4 568,69	8,848
0,11	2,750	3,481	0,287	29,91	0,004	40 684,80	4 657,94	8,735
0,12	3,000	3,731	0,268	27,90	0,003	40 945,60	4 735,22	8,647
0,13	3,250	3,981	0,251	26,15	0,003	41 206,40	4 802,79	8,580
0,14	3,500	4,231	0,236	24,60	0,003	41 467,20	4 862,38	8,528
0,15	3,750	4,481	0,223	23,23	0,003	41 728,00	4 915,32	8,489
0,16	4,000	4,731	0,211	22,00	0,003	41 988,80	4 962,66	8,461
0,17	4,250	4,981	0,201	20,90	0,003	42 249,60	5 005,26	8,441
0,18	4,500	5,231	0,191	19,90	0,002	42 510,40	5 043,78	8,428
0,19	4,750	5,481	0,182	18,99	0,002	42 771,20	5 078,78	8,422
0,20	5,000	5,731	0,174	18,16	0,002	43 032,00	5 110,73	8,420
0,21	5,250	5,981	0,167	17,40	0,002	43 292,80	5 140,01	8,423
0,22	5,500	6,231	0,160	16,71	0,002	43 553,60	5 166,95	8,429
0,23	5,750	6,481	0,154	16,06	0,002	43 814,40	5 191,80	8,439
0,24	6,000	6,731	0,149	15,47	0,002	44 075,20	5 214,81	8,452
0,25	6,250	6,981	0,143	14,91	0,002	44 336,00	5 236,17	8,467

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 20 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi $0,18 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 20 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa = 336,23 [m²]

$R_0 = 1,246$ [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 415 [m²]

Materiał: styropian

$U_0 = 0,803$ [W/(m²*K)]

$\lambda = 0,040$ [W/(m*K)]

Cena Nu zawiera całkowity szacowany koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 r.

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{ogrz}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,496	0,401	43,03	0,005	87 980,00	1 665,34	52,830
0,06	1,500	2,746	0,364	39,11	0,005	88 654,38	1 816,44	48,807
0,07	1,750	2,996	0,334	35,85	0,004	89 463,63	1 942,32	46,060
0,08	2,000	3,246	0,308	33,09	0,004	90 407,75	2 048,81	44,127
0,09	2,250	3,496	0,286	30,72	0,004	91 486,75	2 140,06	42,750
0,10	2,500	3,746	0,267	28,67	0,004	92 700,63	2 219,14	41,773
0,11	2,750	3,996	0,250	26,88	0,003	94 049,38	2 288,31	41,100
0,12	3,000	4,246	0,236	25,29	0,003	95 533,00	2 349,34	40,664
0,13	3,250	4,496	0,222	23,89	0,003	97 151,50	2 403,59	40,419
0,14	3,500	4,746	0,211	22,63	0,003	98 904,88	2 452,11	40,335
0,15	3,750	4,996	0,200	21,50	0,003	100 793,13	2 495,79	40,385
0,16	4,000	5,246	0,191	20,47	0,003	102 816,25	2 535,29	40,554
0,17	4,250	5,496	0,182	19,54	0,002	104 974,25	2 571,21	40,827
0,18	4,500	5,746	0,174	18,69	0,002	107 267,13	2 603,99	41,193
0,19	4,750	5,996	0,167	17,91	0,002	109 694,88	2 634,05	41,645
0,20	5,000	6,246	0,160	17,19	0,002	112 257,50	2 661,70	42,175
0,21	5,250	6,496	0,154	16,53	0,002	114 955,00	2 687,22	42,778
0,22	5,500	6,746	0,148	15,92	0,002	117 787,38	2 710,84	43,450
0,23	5,750	6,996	0,143	15,35	0,002	120 754,63	2 732,78	44,187
0,24	6,000	7,246	0,138	14,82	0,002	123 856,75	2 753,21	44,986
0,25	6,250	7,496	0,133	14,33	0,002	127 093,75	2 772,27	45,845

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 14 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, polegający na wymianie okien lub drzwi oraz na poprawie systemu wentylacji jest to taki wariant, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

Do wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = (N_{Ok} + N_W) / \sum (\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW}), \quad [\text{lata}] \quad (6)$$

gdzie:

- N_{Ok} – planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi, zł,
- N_W – planowane koszty robót związane z modernizacją wentylacji, zł,
- ΔO_{rOk} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,
- ΔO_{rW} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z modernizacji wentylacji, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,

Wartość łącznej rocznej oszczędności kosztów energii $\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW}$ dla n-tego źródła oblicza się z wzoru:

$$\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW} = (x_0 * Q_0 * O_{0z} - x_1 * Q_1 * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_0 * O_{0m} - y_1 * q_1 * O_{1m}) + 12 * (A_{b0} - A_{b1}), \quad [\text{zł/rok}] \quad (7)$$

gdzie:

- x_0, x_1 – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- Q_0, Q_1 – roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, wówczas gdy okna i drzwi nie pełnią funkcji doprowadzenia powietrza, w przypadku gdy pełnią taką rolę (powietrze dostaje się do pomieszczeń przez nieszczelności okien, drzwi, nawiewniki okienne lub ścienne) jest to zapotrzebowanie na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, GJ/rok,

O_{0z}, O_{1z} - suma opłat jak we wzorze (2),

y_0, y_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,

q_0, q_1 - zapotrzebowanie na moc cieplną odpowiednio na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację lub na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,

O_{0m}, O_{1m} - jak we wzorze (2),

Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa jak we wzorze (2).

Wartości rocznego zapotrzebowania ciepła w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$Q_0, Q_1 = 8,64 * 10^{-5} * S_d * A_{Ok} * U + Q_{inf}, \quad [GJ/rok] \quad (8)$$

gdzie:

S_d - jak we wzorze (4),

U - współczynnik przenikania ciepła okna lub drzwi przed i po termomodernizacji, $W/(m^2 * K)$, przy czym przed termomodernizacją – w przypadku okien lub drzwi przewidzianych do wymiany przyjęty z dokumentacji technicznej lub Polskiej Normy i powiększony o nie więcej niż 20% w zależności od oceny stanu technicznego okna lub drzwi, a w przypadku wymienionych okien lub drzwi przyjęty na podstawie deklaracji właściwości użytkowych lub aprobaty technicznej; po termomodernizacji wartość ta nie może być wyższa niż wartość określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,

A_{Ok} - powierzchnia całkowita okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, m^2 ,

Q_{inf} - roczne zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi, obliczane według wzoru (12), GJ/rok.

Wartości rocznego zapotrzebowania ciepła w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$Q_0, Q_1 = (8,64 * S_d * A_{Ok} * U + 2,94 * c_r * c_w * V_{nom} * S_d) * 10^{-5}, \quad [GJ/rok] \quad (9)$$

gdzie:

S_d - jak we wzorze (4),

U - jak we wzorze (8),

A_{Ok} - jak we wzorze (8),

- V_{nom} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, m^3/h ,
- c_r - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,
- c_w - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną q_0 , q_1 w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$q_0, q_1 = 10^{-6} * A_{Ok} * (t_{w0} - t_{z0}) * U + 1,65 * 10^{-8} * a * l * (t_{w0} - t_{z0})^{5/3}, \quad [MW] \quad (10)$$

gdzie:

- t_{w0} - jak we wzorze (4),
- t_{z0} - jak we wzorze (5),
- A_{Ok} - jak we wzorze (8),
- U - jak we wzorze (8),
- a - współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, określany w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia, $m^3/(m \cdot h \cdot daPa^{2/3})$,
- l - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną q_0 , q_1 w, przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ściennie, okna lub drzwi, oblicza się wg wzoru:

$$q_0, q_1 = 10^{-6} * A_{Ok} * (t_{w0} - t_{z0}) * U + 3,4 * 10^{-7} * V_{obl} * (t_{w0} - t_{z0}), \quad [MW] \quad (11)$$

gdzie:

- t_{w0} - jak we wzorze (4),
- t_{z0} - jak we wzorze (5),
- A_{Ok} - jak we wzorze (8),
- U - jak we wzorze (8),

V_{obl} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków obliczeniowych dla instalacji ogrzewczych; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, pomnożony przez współczynnik korekcyjny c_m zgodnie z tabelą 2, m^3/h ,

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi Q_{0inf} , Q_{1inf} , oblicza się ze wzoru:

$$Q_{0inf}, Q_{1inf} = 1,43 \cdot 10^{-6} \cdot a \cdot l \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e(m)]^{5/3} Ld(m), \quad [GJ/rok] \quad (12)$$

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

$t_{wo}, t_e(m)$ - jak we wzorze (4),

$Ld(m)$ - jak we wzorze (4).

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około $31,35 m^2$) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c_r	c_w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	$W/m^2 \cdot K$	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	2,6	1,2	1,0	97,40	0,004	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	72,49	0,002	960,68	32 917,50	34,26
2	1,1	1,0	1,0	70,49	0,002	1 037,90	34 485,00	33,23
3	0,9	1,0	1,0	68,49	0,002	1 115,13	40 755,00	36,55

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien drewnianych jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1 W/m^2K$. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około $100,66 m^2$) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c _r	c _w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m ² *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	1,7	1,1	1,0	264,72	0,008	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	232,76	0,007	1 232,36	105 693,00	85,76
2	1,1	1,0	1,0	226,33	0,006	1 480,31	110 726,00	74,80
3	0,9	1,0	1,0	219,90	0,005	1 728,26	130 858,00	75,72

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien PCV jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1$ W/m²K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około 4,41 m²) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c _r	c _w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m ² *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	2,0	1,2	1,0	12,86	0,001	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	10,76	0,001	80,82	6 615,00	81,84
2	1,5	1,0	1,0	10,48	0,001	91,69	6 923,70	75,51
3	1,3	1,0	1,0	10,20	0,001	102,55	7 805,70	76,12

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi drewnianych jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U=1,5$ W/m²K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

7.3 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej

Optymalne usprawnienie termomodernizacyjne związane ze zmniejszeniem zapotrzebowania ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej jest to usprawnienie, dla którego prosty czas zwrotu

nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

Dla wyznaczenia optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_{CW}}{\sum_n \Delta O_{rcw}}, [\text{lata}] \quad (15)$$

gdzie:

- N_{CW} – planowane koszty robót związanych z modernizacją instalacji ciepłej wody, zł,
- ΔO_{rcw} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartości rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rcw} n-tego źródła oblicza się wg wzoru:

$$\Delta O_{rcw} = (x_0 * Q_{0cw} * O_{0z} / n_{0w} - x_1 * Q_{1cw} * O_{1z} / n_{1w}) + 12 * (y_0 * q_{0cw} * O_{0m} - y_1 * q_{1cw} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), \quad [\text{zł/rok}] \quad (16)$$

gdzie:

- x_0, x_1 – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- Q_{0cw}, Q_{1cw} – zapotrzebowanie na ciepło przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone przez audytora na podstawie analizy i prognozy zużycia ciepła - GJ/rok, obliczone zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw,
- O_{0z}, O_{1z} – jak we wzorze (2),
- y_0, y_1 – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- n_{0w}, n_{1w} – całkowita sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po termomodernizacji, obliczana zgodnie ze wzorem (16a),
- q_{0cw}, q_{1cw} – zapotrzebowanie na moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone na podstawie analizy i prognozy zużycia lub obliczone dla zapotrzebowania na ciepłą wodę przyjętego zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań projektowania instalacji wodociągowych MW,
- O_{0m}, O_{1m} – jak we wzorze (2),

Ab_0, Ab_1 - jak we wzorze (2).

Całkowitą sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej η_{0w}, η_{1w} oblicza się ze wzoru:

$$\eta_{0w}, \eta_{1w} = \eta_{gw} * \eta_{dw} * \eta_{ew} * \eta_{sw}, \quad [-] \quad (16a)$$

gdzie:

- η_{gw} - sprawność wytwarzania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_{dw} - sprawność przesyłu ciepła w instalacji ciepłej wody, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,
- η_{ew} - sprawność akumulacji ciepła w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,
- η_{sw} - sprawność wykorzystania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw.

Obliczenia zapotrzebowania na moc i ciepło dla podgrzania ciepłej wody użytkowej zamieszczono w załączniku Z-13.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych i kuchni węglowych. Stan źródeł ciepła jest zły, w związku z tym proponuje się kompleksową wymianę instalacji c.w.u., polegającą na montażu nowego orurowania, zasilanego z sieci miejskiej. Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono poniżej.

Szacuje się, że kompleksowa modernizacja systemu wyniesie: 64 500,00 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo: 14 056,78 zł - 5 221,34 zł = 8 835,44 zł (tabela rozdz. 8)

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

$SPBT = 64\,500,00 / 8\,835,44 = 7,30$ lat.

7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	64 500,00	7,30
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	43 032,00	8,42
3	Wymiana okien drewnianych	34 485,00	33,23
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	98 904,88	40,33
5	Wymiana okien PCV	110 726,00	74,80
6	Wymiana drzwi	6 923,70	75,51

7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

Poniżej w tabelach zestawiono przewidywane koszty modernizacji budynku dla poszczególnych wariantów. W kosztach uwzględniono wszystkie czynniki (robociznę, materiały, sprzęt itd.). Grubości warstw dociepleń przyjęto na podstawie powyższej analizy. Powierzchnie wymiany ciepła obliczono na podstawie projektu technicznego budynku.

Tabela 7a. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu I

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	64 500,00	7,30
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	43 032,00	8,42
3	Wymiana okien drewnianych	34 485,00	33,23
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	98 904,88	40,33
5	Wymiana okien PCV	110 726,00	74,80
6	Wymiana drzwi	6 923,70	75,51
	Ogółem	358 571,58	

Tabela 7b. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	64 500,00	7,30
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	43 032,00	8,42
3	Wymiana okien drewnianych	34 485,00	33,23
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	98 904,88	40,33
5	Wymiana okien PCV	110 726,00	74,80
	Ogółem	351 647,88	

Tabela 7c. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	64 500,00	7,30
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	43 032,00	8,42
3	Wymiana okien drewnianych	34 485,00	33,23
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	98 904,88	40,33
	Ogółem	240 921,88	

Tabela 7d. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	64 500,00	7,30
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	43 032,00	8,42
3	Wymiana okien drewnianych	34 485,00	33,23
	Ogółem	142 017,00	

Tabela 7e. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu V

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	64 500,00	7,30
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	43 032,00	8,42
	Ogółem	107 532,00	

Tabela 7f. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu VI

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	64 500,00	7,30
	Ogółem	64 500,00	

7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego jest to wariant, dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień.

Do wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT' = \frac{N_{CO}}{\sum_n \Delta O_{rCO}}, [\text{lata}] \quad (17)$$

gdzie:

- N_{CO} – planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego, zł,
- ΔO_{rCO} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n

wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rCO} dla n-tego źródła obliczono wg wzoru:

$$\Delta O_{rCO} = (x_0 * w_{t0} * w_{d0} * Q_{OCO} * O_{0z} / \eta_0 - x_1 * w_{t1} * w_{d1} * Q_{OCO} * O_{1z} / \eta_1) + 12 * (y_0 * q_{0m} * O_{0m} - y_1 * q_{1m} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), [\text{zł/rok}] \quad (18)$$

gdzie:

- x_0, x_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- Q_{OCO} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,
- η_0, η_1 - całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po modernizacji obliczona wg wzoru (19),
- w_{t0}, w_{t1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przyjęte na podstawie tabeli (4) Rozporządzenia,
- w_{d0}, w_{d1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby przyjęte na podstawie tabeli (5) Rozporządzenia,
- O_{0z}, O_{1z} - jak we wzorze (2),
- y_0, y_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu modernizacji,
- q_{0m}, q_{1m} - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego budynku, określone zgodnie z Polską Normą lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW,
- Ab_0, Ab_1 - jak we wzorze (2).

Całkowitą sprawność systemu grzewczego η_0, η_1 , oblicza się z zależności:

$$\eta_0, \eta_1 = \eta_w \eta_p \eta_r \eta_c, \quad (19)$$

gdzie:

- η_w – sprawność wytwarzania ciepła określona zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi kotłów grzewczych, wodnych, niskotemperaturowych, gazowych oraz kotłów grzewczych stalowych o mocy grzewczej do 50 kW lub przyjmowana zgodnie

- z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_p – sprawność przesyłania ciepła określana zgodnie z Polską Normą dotyczącą izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_r – sprawność regulacji i wykorzystania systemu grzewczego przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_e – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu źródłem ciepła w analizowanym budynku są piece kaflowe i piece węglowe zainstalowane w mieszkaniach. Stan pieców jest zły w związku z tym w opracowaniu proponuje się kompleksową modernizację systemu grzewczego, polegającą na podłączeniu instalacji do sieci miejskiej, montażu nowego orurowania wraz z izolacjami, nowych grzejników oraz zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istn.	Wariant I
1	Obliczeniowa moc cieplna	MW	0,0825	0,0825
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło bez uwzględniania sprawności.	GJ/rok	651	651
3	Ogólna sprawność	-	0,5600	0,7207
4	Obniżenie nocne	-	1,00	1,00
5	Obniżenie tygodniowe	-	1,00	1,00
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło z uwzgl. sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	1 161,70	902,67
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	44 800,00	64 332,32
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		-19 532,32
9	Koszt modernizacji	zł		277 495,68

Wartość ujemna w pkt. 8 oznacza, że koszty eksploatacyjne po wykonaniu przedsięwzięcia będą wyższe niż obecnie, jednakże ze względu na obecną dużą emisję CO₂ i pyłów do atmosfery, przedsięwzięcie to będzie uwzględnione w dalszej analizie.

8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

W celu wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, o którym mowa w § 6 pkt 4 rozporządzenia, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, modernizacji systemu wentylacji i instalacji ciepłej wody użytkowej i uzupełnionych o optymalny wariant przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego, oblicza się kolejno:

- a) planowane koszty całkowite N , w tym koszty opracowania audytu energetycznego i dokumentacji technicznej oraz koszty związane ze spełnieniem obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych, również w przypadku gdy działanie to nie przynosi oszczędności energii,
- b) kwotę rocznych oszczędności ΔO_r przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia,
- c) zmniejszenie (w %) zapotrzebowania na ciepło w stosunku do stanu wyjściowego przed termomodernizacją, z uwzględnieniem sprawności całkowitej,
- d) kwotę środków własnych i kwotę kredytu,
- e) obliczenie wysokości premii termomodernizacyjnej wg art. 5 ust. 1 i 2 ustawy,

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli poniżej:

Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

wariant	CO					CWU				CO+CWU			Oszczędności		
	q _{co}	Q _{co}	η	w	Q _{co} •w/η	Oplata CO	q _{cwu}	Q _{cwu}	Oplata CWU	Q _{co+cwu}	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok	
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok				
0	0,0825	650,55	0,5600	1	1 161,70	44 800,00	0,004	80,80	14 056,78	1 243	58 856,78				
I+A	0,0553	438,64	0,7207	1	608,63	43 333,78	0,004	79,76	5 221,34	688	48 555,12	554	44,60	10 301,66	
II+A	0,0554	439,32	0,7207	1	609,57	43 404,56	0,004	79,76	5 221,34	689	48 625,90	553	44,52	10 230,88	
III+A	0,0577	456,09	0,7207	1	632,85	45 088,54	0,004	79,76	5 221,34	713	50 309,88	530	42,65	8 546,90	
IV+A	0,0657	518,47	0,7207	1	719,40	51 263,99	0,004	79,76	5 221,34	799	56 485,33	443	35,68	2 371,45	
V+A	0,0676	533,22	0,7207	1	739,86	52 723,62	0,004	79,76	5 221,34	820	57 944,96	423	34,03	911,82	
VI+A	0,0825	650,55	0,7207	1	902,67	64 334,74	0,004	79,76	5 221,34	982	69 556,08	260	20,93	-10 699,30	
A	0,0825	650,55	0,7207	1	902,66	64 332,32	0,004	80,80	14 056,78	983	78 389,10	259	20,85	-19 532,32	

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite ¹⁾		Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾			Premia termomodernizacyjna		
		[zł]	[zł/rok]			[zł]	[zł]	[%]	20% kredytu	16% kosztów całkowitych	2 lata oszczędności
1	2	3	4	5		6			7	8	9
1	I+A	636 067,26	10 301,66	44,60		0,00		0,00	127 213,45	101 770,76	20 603,32
						636 067,26		100,00			
2	II+A	629 143,56	10 230,88	44,52		0,00		0,00	125 828,71	100 662,97	20 461,76
						629 143,56		100,00			
3	III+A	518 417,56	8 546,90	42,65		0,00		0,00	103 683,51	82 946,81	17 093,80
						518 417,56		100,00			
4	IV+A	419 512,68	2 371,45	35,68		0,00		0,00	83 902,54	67 122,03	4 742,90
						419 512,68		100,00			
5	V+A	385 027,68	911,82	34,03		0,00		0,00	77 005,54	61 604,43	1 823,64
						385 027,68		100,00			
6	VI+A	341 995,68	-10 699,30	20,93		0,00		0,00	68 399,14	54 719,31	-21 398,60
						341 995,68		100,00			
7	A	277 495,68	-19 532,32	20,85		0,00		0,00	55 499,14	44 399,31	-39 064,64
						277 495,68		100,00			

¹⁾ Podana kwota jest wielkością szacunkową

²⁾ W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną

9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.

Optymalnym wariantem jest wariant Nr 1 (I+A) i spełnia on wszystkie wymogi Ustawy. Pozostałe warianty, z wyjątkiem wariantów Nr 6 (VI+A) i Nr 7 (A), również mogą być realizowane, ponieważ spełniają wszystkie wymogi Ustawy. Natomiast warianty Nr 6 (VI+A) oraz Nr 7 (A) nie powinny być realizowane, ponieważ koszty eksploatacyjne po wykonaniu przedsięwzięć będą wyższe niż obecnie. Wszelkie prace remontowe i instalacyjne należy wykonać zgodnie z wytycznymi konserwatora zabytków. Biorąc pod uwagę kompleksowość termomodernizacji oraz największą oszczędność energii proponuje się modernizację budynku według wariantu pierwszego.

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] o powierzchni netto (bez stolarki okiennej i drzwiowej) około 415 m² proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, warstwą o grubości minimum 14 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,211 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące np.: ocieplenie fundamentów ścian szczytowych, ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia wraz z odtworzeniem detali architektonicznych zgodnie z wytycznymi ŁWKZ.

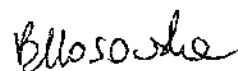
2. Ocieplenie stropu pod poddaszem

Ocieplenie stropu pod poddaszem o powierzchni około 326 m² należy wykonać poprzez rozłożenie wełny mineralnej o grubości minimum 20 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ na istniejącym podłożu. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (płyty OSB lub deskowanie). Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,174 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono roboty towarzyszące, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

3. Wymianę okien drewnianych o powierzchni około 31,35 m² oraz okien z PCV o powierzchni około 100,66 m² na okna o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące, np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
4. Wymianę drzwi drewnianych o powierzchni około 4,41 m² na drzwi o współczynniku przenikania ciepła $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące, np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
5. Modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez:
 - montaż przewodów z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
 - montaż perlatorów przy punktach odbioru,
 - regulację instalacji,
 - montaż indywidualnych liczników ciepłej wody,
 - prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
6. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:
 - demontaż pieców kaflowych i pieców węglowych,
 - demontaż instalacji w lokalach mieszkalnych, w których zainstalowano piece węglowe,
 - montaż węzła cieplnego na potrzeby instalacji c.o. i c.w.u. (leżący po stronie gestora sieci) wraz z adaptacją pomieszczenia w piwnicy budynku, przeznaczonego na węzeł cieplny,
 - montaż przewodów z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
 - montaż grzejników płytowych,
 - montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
 - regulację instalacji grzewczej,
 - montaż indywidualnych liczników ciepła na potrzeby instalacji c.o.,
 - prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	Całkowity koszt robót szacuje się na	636 067,26 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	20 603,32 zł
3	Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	10 301,66 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	61,74 lat



mgr inż. Barbara Kosowska

ZALĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla instalacji c.o. i cw.u obecnie

Zapotrzebowanie ciepła	GJ	1 161,70
Wartość opałowa paliwa	GJ/Mg	25,93
Zużycie paliwa roczne	Mg	44,8
Cena paliwa	zł/Mg	1 000
Koszt paliwa	zł	44 800,00
Cena jednostkowa ciepła	zł/GJ	38,56
Cena jednostkowa energii elektrycznej z uwzględnieniem wszystkich składników stałych i zmiennych	zł/kWh	0,6263
	zł/GJ	173,97

Ceny jednostkowe ciepła dla instalacji c.o. i cw.u docelowo

		Ceny bez VAT	Ceny z VAT 23%
Opłata stała za moc zamówioną	zł(MW*m-c)	4 646,22	5 714,85
Przesył	zł(MW*m-c)	4 293,44	5 280,93
Razem opłata stała	zł(MW*m-c)	8 939,66	10 995,78
Opłata zmienna za ciepło	zł/GJ	32,83	40,38
Przesył	zł/GJ	15,31	18,83
Razem opłata zmienna	zł/GJ	48,14	59,21
Abonament	zł/(pkt.*m-c)	0,00	0,00

Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Strop poddasza	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	1,448
	Pustka powietrzna	15,0			0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				0,491	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,100	
	R _T				0,691	
Strop nad przejściem	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	1,551
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Polepa	8,0	0,080	0,900	0,089	
	Żelbet	24,0	0,24	1,70	0,141	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				0,435	
	Rsi				0,170	
	Rse				0,040	
	R _T				0,645	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,803
	Mur z cegły pełnej	80,0	0,800	0,770	1,039	
	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				1,076	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R _T				1,246	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,267
	Mur z cegły pełnej	80,0	0,800	0,770	1,039	
	Styropian	10,0	0,100	0,040	2,500	
	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				3,576	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R _T				3,746	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,803
	Mur z cegły pełnej	80,0	0,800	0,770	1,039	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				1,076	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R				1,246	

Strop nad piwnicą	Latrigo	2,5	0,025	1,000	0,025	1,554
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Polepa	8,0	0,080	0,900	0,089	
	Żelbet	24,0	0,240	1,700	0,141	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				0,303	
	R _{si}				0,170	
	R _{se}				0,170	
	R _T				0,643	
Podłoga na gruncie	Lastrico	2,5	0,025	1,000	0,025	0,494
	Podkład z betonu	4,0	0,040	1,000	0,040	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	15,0	0,150	1,300	0,115	
	Piasek	10,0	0,1	0,40	0,250	
	Grunt	10,0	0,1	1,74	0,057	
	R				0,571	
	Opór zastępczy gruntu				1,454	
	R _T				2,025	
Okna PCV				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,700	1,0	1,700
Okna drewniane				2,600	1,0	2,600
Drzwi wejściowe drewniane				2,000	1,0	2,000

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_i [cm]	d [m]	λ W/mK	R m ² K/W	U [W/m ² K]
Strop poddasza	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,174
	Pustka powietrzna	15,0	0,150		0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Wełna mineralna	20,0	0,200	0,040	5,000	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	R				5,531	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,100	
	R_T				5,731	
Strop nad przejściem	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	1,551
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Polepa	8,0	0,080	0,900	0,089	
	Żelbet	24,0	0,240	1,700	0,141	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	1,000	0,018	
	R				0,435	
	R_{si}				0,170	
	R_{se}				0,040	
	R_T				0,645	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,211
	Mur z cegły pełnej	80,0	0,8	0,770	1,039	
	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	14,0	0,140	0,040	3,500	
	R				4,576	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				4,746	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,267
	Mur z cegły pełnej	80,0	0,8	0,770	1,039	
	Styropian	10,0	0,1	0,040	2,500	
	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				3,576	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				3,746	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,803
	Mur z cegły pełnej	80,0	0,8	0,770	1,039	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				1,076	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				1,246	

Strop nad piwnicą	Lastrico	2,5	0,025	1,000	0,025	1,554
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Polepa	8,0	0,080	0,900	0,089	
	Żelbet	24,0	0,240	1,700	0,141	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,303	
	R _{si}				0,170	
	R _{se}				0,170	
	R _T				0,643	
Podłoga na gruncie	Lastrico	2,5	0,025	1,000	0,025	0,494
	Podkład z betonu	4,0	0,04	1,000	0,040	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	15,0	0,15	1,300	0,115	
	Piasek	10,0	0,1	0,400	0,250	
	Grunt	10,0	0,1	1,740	0,057	
	R				0,571	
	Opór zastępczy gruntu				1,454	
	R _T				2,025	
Okna wymienione				U _o	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,1	1,000	1,100
Drzwi wejściowe				1,5	1,000	1,500

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Pomieszczenie	Ilość pomieszczeń	Strumień powietrza na pomieszczenie	Całkowity strumień powietrza
		[m ³ /h]	[m ³ /h]
Strumień powietrza wentylacyjnego			
Kuchnie	13	70	910
Łazienki	13	50	650
Razem			1 560
Klatki schodowe	1	683	683
Ogółem			2 243
Strumień powietrza wentylacyjnego		[m ³ /sek]	0,623
Infiltracja		[m ³ /sek]	0,132
Ogółem		[m ³ /sek]	0,755
Współczynnik strat ciepła przez wentylację		[W/K]	906
Kubatura wentylowana		[m ³]	2 382
Krotność wymiany powietrza			1,14

Współczynniki korekcyjne			
	c _r	1,0	1,0
	c _w	1,0	1,0
	c _m	1,0	1,0

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		2 382	0,5			1 190,8

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	700	7,1	4 973

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A [m ²]	U [W/m ² K]	b _u -	H _t [W/K]	ΔΘ [°C]	Φ [kW]
Strop poddasza	325,94	1,448	0,90	425	40	16,99
Strop nad przejściem	38,52	1,551	1,00	60		2,39
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	336,23	0,803	1,00	270		10,80
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	198,52	0,267	1,00	53		2,12
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	248,11	0,803	1,00	199		7,97
Okna PCV	100,66	1,700	1,00	171		6,84
Okna drewniane	31,35	2,600	1,00	82		3,26
Drzwi wejściowe drewniane	4,41	2,000	1,00	9		0,35
Strop nad piwnicą	143,71	1,554	0,80	179		7,15
Podłoga na gruncie	143,71	0,494	1,00	71		2,84
Mostki liniowe	l [m]	ψ [W/mK]	χ -			
ościeża	236,50	0,190	1,0	45		1,80
nadproża	81,52	0,600	1,0	49		1,96
podokien	81,52	0,570	1,0	46		1,86
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				1 658		66,32
Wentylacja		V _i [m ³ /h]	ρ*c _p [J/m ³ /K]	H _v [W/K]		
		1 191	0,34	405		16,19
						82,51
OGÓŁEM						

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A [m ²]	U [W/m ² K]	b _u -	H _t [W/K]	ΔΘ [°C]	Φ [kW]
Strop poddasza	325,94	0,174	0,90	51	40	2,05
Strop nad przejściem	38,52	1,551	1,00	60		2,39
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	336,23	0,211	1,00	71		2,83
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	198,52	0,267	1,00	53		2,12
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	248,11	0,803	1,00	199		7,97
Okna wymienione	100,66	1,100	1,00	111		4,43
Okna wymienione	31,35	1,100	1,00	34		1,38
Drzwi wejściowe drewniane	4,41	1,500	1,00	7		0,26
Strop nad piwnicą	143,71	1,554	0,80	179		7,15
Podłoga na gruncie	143,71	0,494	1,00	71		2,84
Mostki liniowe	l [m]	ψ [W/mK]	χ -			
ościeża	236,50	0,190	1,0	45		1,80
nadproża	81,52	0,600	1,0	49		1,96
podokien	81,52	0,570	1,0	46		1,86
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				976		39,03
Wentylacja		V _i [m ³ /h]	ρ*c _p [J/m ³ /K]	H _v [W/K]		
		1 191	0,34	405		16,19
						55,31
OGÓŁEM						

Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	LX	X	XI	XII	ogółem
Srednia temp. miesiąca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Straty											
Stratę poddasza	$H_{tr} H_{we}$	424,65	21 574	18 994	13 649	1 192	1 302	15 241	17 831	21 952	135 621
Stratę nad przejściem		59,75	3 036	2 673	1 921	168	183	2 145	2 509	3 089	19 083
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		269,95	13 714	12 075	8 676	758	828	9 689	11 335	13 955	86 213
Ściana zewnętrzna [SZ-2]		53,00	2 981	2 371	1 704	149	163	1 902	2 226	2 740	16 927
Ściana zewnętrzna [SZ-3]		199,19	10 120	8 910	6 402	559	611	7 149	8 364	10 297	63 617
Okna PCV		171,12	8 694	7 654	5 500	481	525	6 142	7 185	8 846	54 651
Okna drewniane		81,51	4 141	3 646	2 620	229	250	2 925	3 423	4 214	26 032
Drzwi wejściowe drewniane		8,82	448	395	283	25	27	317	370	456	2 817
Stratę nad piwnicą		178,70	9 079	7 993	5 744	502	548	6 414	7 504	9 238	57 072
Mostki liniowe		140,31	7 128	6 276	4 510	394	430	5 036	5 892	7 253	44 812
Podłoga na gruncie		70,96	3 605	3 174	2 281	199	218	2 547	2 980	3 668	22 663
Straty przez przegrody		1 657,98	84 231	74 160	53 289	4 656	5 085	59 506	69 619	85 706	529 507
Wentylacja		906,46	46 051	40 545	29 134	2 545	2 780	32 533	38 063	46 858	289 494
Całkowite przenoszenie ciepła			144 240	130 282	82 423	7 201	7 866	92 039	107 682	132 564	819 002
Zyski słoneczne			6 733	14 491	19 141	24 194	15 661	10 936	5 396	4 346	107 799
Zyski wewnętrzne			13 320	12 031	12 891	2 148	2 148	13 320	12 891	13 320	95 391
Razem zyski			20 053	27 811	32 032	26 342	17 809	24 256	18 287	17 666	203 190
Stosunek zysków do przenoszenia			0,1390	0,2425	0,3886	3,6582	2,2642	0,2635	0,1698	0,1333	0,2481
Typ budynku							ciężki (260 000)				
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]						700				
Pojemność ciepła	[J/K]						182 119 600				
Stała czasowa	[h]						20				
Metoda obliczeniowa							miesięczna				
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$							1				
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]						15				
Parametr numeryczny a_H							2,32				
Parametr numeryczny $a_H + 1$							3,32				
η											
Zyski ciepła	[MJ]	0,9911	0,9902	0,9712	0,9283	0,2634	0,4018	0,9660	0,9863	0,9918	
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	19 874	18 747	27 011	29 736	6 938	7 156	23 431	18 036	17 522	168 450
	[MJ]	124 367	111 535	87 694	52 687	263	709	68 608	89 646	115 042	650 551

Z-9 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie		I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiaca	Jednostka	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiacu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Przegroda	Htr Hve										
Strop poddasza	[MJ]	2 879	2 601	2 290	1 645	144	157	1 837	2 149	2 646	16 348
Strop nad przejściem	[MJ]	3 361	3 036	2 673	1 921	168	183	2 145	2 509	3 089	19 083
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	3 985	3 600	3 169	2 277	199	217	2 543	2 975	3 663	22 628
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	2 981	2 693	2 371	1 704	149	163	1 902	2 226	2 740	16 927
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	[MJ]	11 204	10 120	8 910	6 402	559	611	7 149	8 364	10 297	63 617
Okna PCV	[MJ]	6 228	5 625	4 953	3 559	311	340	3 974	4 649	5 724	35 362
Okna drewniane	[MJ]	1 940	1 752	1 542	1 108	97	106	1 238	1 448	1 783	11 013
Drzwi wejściowe drewniane	[MJ]	372	336	296	213	19	20	237	278	342	2 113
Mostki linowe	[MJ]	7 892	7 128	6 276	4 510	394	430	5 036	5 892	7 253	44 812
Strop nad piwnicą	[MJ]	10 051	9 079	7 993	5 744	502	548	6 414	7 504	9 238	57 072
Podłoga na gruncie	[MJ]	3 991	3 605	3 174	2 281	199	218	2 547	2 980	3 668	22 663
Straty przez przegrody	[MJ]	54 885	49 573	43 647	31 363	2 740	2 993	35 022	40 974	50 442	311 638
Wentylacja	[MJ]	50 985	46 051	40 545	29 134	2 545	2 780	32 533	38 063	46 858	289 494
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	105 870	95 624	84 192	60 497	5 285	5 773	67 555	79 036	97 299	601 133
Zyski słoneczne	[MJ]	6 581	6 740	14 142	18 656	23 580	15 268	10 674	5 265	4 239	105 146
Zyski wewnętrzne	[MJ]	13 320	12 031	13 320	12 891	2 148	2 148	13 320	12 891	13 320	95 391
Razem zyski	[MJ]	19 902	18 771	27 463	31 547	25 728	17 416	23 995	18 156	17 559	200 537
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1880	0,1963	0,3262	0,5215	4,8678	3,0167	0,3552	0,2297	0,1805	0,3336
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	700									
Pojemność ciepła	[J/K]	182 119 600									
Stać czasowa	[h]	27									
Metoda obliczeniowa		miesieczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H0}		1									
Stać czasowa odniesienia t _{H0}	[h]	15									
Parametr numeryczny a ₁		2,79									
Parametr numeryczny a _H + 1		3,79									
η		0,9923	0,9914	0,9700	0,9151	0,2035	0,3212	0,9634	0,9873	0,9931	
Zyski ciepła	[MJ]	19 749	18 611	26 640	28 868	5 235	5 594	23 117	17 925	17 438	163 177
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	86 120	77 014	57 552	31 629	51	180	44 438	61 111	79 861	438 645

Z-10 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,80	piece kaflowe w złym stanie technicznym
3	Przesyłanie ciepła	η_d	1,00	źródło ciepła w pomieszczeniu
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,70	ogrzewanie piecowe
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,560	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	1,00	praca ciągła

Sprawność systemu grzewczego dla optymalnego wariantu

1	Rodzaj systemu zasilania			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,91	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,90	przewody poziome i pionowe zaizolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,88	regulacja centralna i regulacja miejscowa
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,72	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	1,00	praca ciągła

Z-11 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	obecnie	docelowo
Ciepło właściwe wody	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm^3	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A_f	m^2	502,2	502,2
Liczba użytkowników	osoba	21	21
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{dość})$	2,00	2,00
Temperatura ciepłej wody	$^{\circ}\text{C}$	55	55
Temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,9	0,9
Czas pracy instalacji cwu	dość	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	17 281,6	17 281,6
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	62,2	62,2
Sprawność wytwarzania	-	0,960	0,970
Sprawność przesyłu	-	0,800	0,800
Sprawność akumulacji	-	1,000	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,770	0,780
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	22 443,6	22 155,9
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	80,8	79,8
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m^3/h	0,056	0,056
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	4,434	4,434
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m^3 wody	GJ/m^3	0,246	0,243
Max. moc c.w.u.	kW	16,93	16,76
Średnia moc c.w.u.	kW	3,8	3,8
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	32,0	31,6

Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana okien, wymiana instalacji c.w.u., wymiana instalacji c.o., wymiana źródeł ciepła dla potrzeb c.w.u. i c.o.).

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- węgiel kamienny - 1,1.
- ciepło sieciowe z ciepłowni węglowej – 1,3.
- energia elektryczna - 3,0.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k \cdot w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	1 161,70	322 694,44	322,69
zużycie po modernizacji	688,39	191 219,44	191,22
oszczędność	473,31	131 475,00	131,48
<i>energia elektryczna</i>			0,00
zużycie przed modernizacją	80,80	22 444,44	22,44
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	80,80	22 444,44	22,44
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	1 242,50	345 138,89	345,13
zużycie po modernizacji	688,39	191 219,44	191,22
oszczędność	554,11	153 919,44	153,91
oszczędność %	44,60		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	1 277,87	354 963,89	354,96
zużycie po modernizacji	894,91	248 585,28	248,59
oszczędność	382,96	106 378,61	106,38
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	242,40	67 333,33	67,33
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	242,40	67 333,33	67,33
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	1 520,27	422 297,22	422,29
zużycie po modernizacji	894,91	248 585,28	248,59
oszczędność	625,36	173 711,94	173,70
oszczędność %	41,13		

Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO₂) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnotowym Systemie Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2016 publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE)

	Roczna redukcja emisji CO ₂									
	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO ₂	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO ₂	emisja CO ₂	
	GJ	MWh	kg/GJ; Mg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/GJ; Mg/MWh	Mg	Mg	%
	przed modernizacją				po modernizacji				redukcja	
węgiel kamienny	1 161,70	-	94,73	110,05	-	-	-	-		
energia elektryczna	-	22,44	0,832	18,67	-	-	-	-		
sieć miejska		-			688,39	-	94,96	65,37		
				128,72				65,37	63,35	49,21

Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące

W ramach przedsięwzięcia należy przeprowadzić niezbędne roboty towarzyszące, stanowiące element prac remontowych i modernizacyjnych w tym m.in.:

- ocieplenie fundamentów ścian szczytowych,
- ocieplenie ościeży,
- wymianę parapetów zewnętrznych,
- wymianę rur spustowych i orynnowania,
- obróbki blacharskie,
- na elewacjach ocieplanych przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji w tym naprawa tynków i malowanie elewacji
- demontaż i utylizację starych futryn, okien i drzwi,
- obróbkę nowych okien i drzwi,
- prace instalacyjne i odtworzeniowe,
- wycinkę drzew i krzewów kolidujących z wykonaniem prac termo modernizacyjnych, oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.